

Proyecto Fin de Grado  
Grado en Ingeniería Electrónica Robótica y  
Mecatrónica

Adquisición de Datos y Gestión de Potencia de un  
monoplaza de Formula Student

Autor: Francisco Gamero Gómez

Tutor: Alfredo Pérez Vega-Leal

**Departamento de Ingeniería Electrónica  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2018





Proyecto Fin de Grado  
Grado en Ingeniería de las Electrónica Robótica y Mecatrónica

# **Adquisición de Datos y Gestión de Potencia de un monoplaza de Formula Student**

Autor:

Francisco Gamero Gómez

Tutor:

Alfredo Pérez Vega-Leal

Profesor contratado doctor

Departamento de Ingeniería Electrónica  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2018



Proyecto de Fin de Grado: Adquisición de Datos y Gestión de Potencia de un monoplaça de Formula Student

Autor: Francisco Gamero Gómez

Tutor: Alfredo Pérez Vega-Leal

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

El Secretario del Tribunal

Fecha:







# Agradecimientos

---

*A mi familia, por ser esa mano que te ayuda a seguir incluso cuando tú mismo crees que ya no puedes avanzar, por enseñarme a apuntar alto y luchar por lo que quiero hasta conseguirlo. Porque sin vosotros no hubiera llegado donde estoy hoy en día.*

*Al equipo ARUS, por todo lo que me llevo de cada temporada, y no me refiero solo al conocimiento técnico, ni siquiera a las experiencias en los mejores circuitos del mundo, sino a los compañeros que se han convertido en mi segunda familia, a esos locos que siguen su sueño con pasión y esfuerzo.*

*A mis compañeros y profesores, por esta etapa universitaria, por todo lo aprendido y vivido.*



# Resumen

---

Se comenzará por la Formula Student, la mayor competición de motorsport a nivel universitario, donde participan más de 600 universidades de todo el mundo. Cada equipo diseña, desarrolla, fabrica y testea un monoplaza de competición, para llegar desde una idea y un folio en blanco a ver un monoplaza rodando en los mejores circuitos a nivel mundial.

En esta competición se encuentra inmerso nuestro equipo de la Universidad de Sevilla: ARUS Andalucía Racing Team, en este equipo, más concretamente en departamento de electrónica de este equipo, es donde se ubica nuestro Trabajo Fin de Grado, donde ilustraremos el desarrollo técnico de dos sistemas de vital importancia para un monoplaza de Formula Student, el primero es la Adquisición de Datos del ART~16, encargada de sensorizar todos los parámetros del monoplaza para su posterior almacenado y comunicación y la Gestión de Potencia del ART~17, encargada de alimentar al resto de sistemas eléctricos y electrónicos del monoplaza.



# Abstract

---

It will begin with the Formula Student, the largest motorsport competition at the university level, with the participation of more than 600 universities around the world. Each team designs, develops, manufactures and tests a competition car, to get from an idea and a blank sheet of paper to see a single-seater car rolling on the best circuits worldwide.

In this competition our team from the University of Seville is immersed: ARUS Andalucía Racing Team, in this team, more specifically in the electronics department of this team, is where our Final Degree Project is located, where we will illustrate the technical development of two Systems of vital importance for a Formula Student car, the first is the Data Acquisition of ART ~ 16, responsible for sensing all parameters of the car for later storage and communication and Power Management of ART ~ 17, responsible for feeding to the rest of the electric and electronic systems of the car.



<b>Agradecimientos</b>	<b>I</b>
<b>Resumen</b>	<b>III</b>
<b>Abstract</b>	<b>V</b>
<b>Índice</b>	<b>VII</b>
<b>Notación</b>	<b>IX</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 <i>Motivaciones</i>	1
1.2 <i>Alcance del Proyecto</i>	2
<b>2 Esquema Electrónico del ART~16</b>	<b>1</b>
2.1 <i>Gestión de Potencia</i>	1
2.2 <i>Embrague Semiautomático</i>	1
2.3 <i>Volante Multifunción</i>	2
<b>3 Sensorización del ART~16</b>	<b>1</b>
3.1 <i>Sensores</i>	1
3.1.1 <i>Extensómetros de los amortiguadores</i>	1
3.1.2 <i>Presión de Frenada</i>	2
3.1.3 <i>Acelerómetro</i>	2
3.1.4 <i>Giro Volante</i>	3
3.1.5 <i>Velocidad de la Rueda</i>	3
3.1.6 <i>Temperatura de Aceite</i>	4
3.1.7 <i>Presión de Aceite</i>	4
<b>4 Desarrollo Hardware de la adquisición de datos del ART~16</b>	<b>21</b>
4.1 <i>Microcontrolador</i>	21
4.2 <i>Seguimiento de la Información</i>	21
4.2.1 <i>Filtrado</i>	21
4.2.2 <i>Acondicionamiento</i>	22
4.2.3 <i>Digitalización y Lectura</i>	22
<b>5 Desarrollo Hardware de la gestión de potencia del ART~17</b>	<b>24</b>
5.1 <i>Celda de Potencia con Aislamiento Galvánico</i>	24
5.2 <i>Sensorización</i>	26
5.3 <i>Can Bus</i>	27
<b>6 Referencias</b>	<b>29</b>



AD	Amplificador Diferencial
ADC	Convertidor analógico-digital
AIR	Relé electromagnético de aislamiento
BMS	Sistema de gestión de baterías
CAN	Controller Area Network
CCS	Code Composer Studio
CS	Chip Select
EMI	Interferencia electromagnética
FSAE	Formula Student
FSAEE	Formula Student Electric
HV	Alto Voltaje >60VDC
IC	Circuito Integrado
LED	Diodo Emisor de Luz
LV	Bajo Voltaje <60VDC
MISO	Master Input Slave Output
MOSI	Master Output Slave Input
PCB	Placa de circuito impreso
PTC	Posistor
SCLK	Señal de reloj
SOC	Estado de carga
SPE	Sistema de Propulsión Eléctrica
SPI	Serial Peripheral Interface
UART	Transmisor-Receptor Asíncrono Universal
μC	Microcontrolador



# 1 INTRODUCCIÓN

---

**E**n este Trabajo de Fin de Grado se ilustrará el desarrollo de dos sistemas fundamentales en el mundo de la competición y los deportes de motor, como es la Adquisición de Datos y la Gestión de Potencia Eléctrica. Aunque se aprovechará ambos diseños para realizar un viaje guiado a través de los seis primeros años del departamento de electrónica de nuestro equipo de Formula Student en la universidad de Sevilla: ARUS Andalucía Racing Team.

En cualquier proyecto de ingeniería la toma de datos es fundamental para corroborar que el sistema desarrollado se comporta correctamente y lograr adquirir más información para una futura mejora. En el caso de la competición y de los deportes de motor, esto se acentúa mucho más, cada ajuste, cada milésima de segundo que se pueda mejorar es un gran avance. Por ello la utilidad y necesidad de un sistema que monitorice los parámetros del vehículo tanto para avisar de posibles fallos y conseguir la validación de modelos que ayuden a la futura mejora del monoplaza.

Además, el monoplaza cuenta con múltiples sistemas electrónicos y eléctricos que hay que alimentar en determinados momentos y según ciertas condiciones que cumplan la normativa de la competición, las condiciones de seguridad y el buen funcionamiento del monoplaza. Para este fin, se diseña el sistema de gestión de potencia eléctrica, al que además de su función principal se añade sensorización de tensión e intensidad consumida, para poder calcular la potencia que se ha consumido.

La importancia de estos sistemas no solo erradica en sus funciones y su correcto funcionamiento, sino que también en que ambos son desarrollos propios en lugar de una solución comercial, lo que supone un ahorro económico al equipo, y un crecimiento del departamento y de sus miembros en aprendizaje tanto teórico como técnico, lo que ayudará en un futuro al posterior crecimiento del equipo.

## 1.1 Motivaciones

El motivo de este TFG viene dado mucho antes del desarrollo de cualquiera de los sistemas mencionados, sino que comenzó en el año 2013, con un grupo de compañeros de la facultad, que decidieron dar comienzo a lo que hoy en día es el sueño cumplido de muchos miembros que forman esta familia llamada ARUS. En dicho año se fundó el primer equipo andaluz de Formula Student, ARUS Andalucía Racing Team.

Aunque no sería hasta el año siguiente cuando rodaría por primera vez el ART~14. Un monoplaza cuya principal característica era la fiabilidad, se realizó un primer prototipo muy sobredimensionado en parte para evitar roturas y en parte por la falta de experiencia. Desde el punto de vista electrónico, contaba con lo mínimo para poder cumplir normativa y rodar. Se basaba en una centralita de Motec que se encargaba del control del motor, una caja de relés que actuaba como gestión de potencia eléctrica. Siendo el primer prototipo del equipo, fue capaz de superar toda la inspección técnica, llegando a rodar en la competición y terminando la prueba de resistencia más dura, la Endurance.

El año siguiente en el ART~15 se dio un salto de calidad brutal, reduciendo 70 kilos de peso, añadiendo paquete aerodinámico, suspensión en carbono. Y aunque aún no existía un departamento encargado de electrónica, sino que estaba incluido en la parte de “Powertrain”, si llegó el primer hito electrónico, la primera PCB de diseño propio y manufacturada de gestión de potencia, basada en transistores, aún sin microcontroladores. Este monoplaza intento dar un salto demasiado grande en solo un año y por ello el resultado no fue todo lo bueno que debería, aun así asentó la base de un monoplaza competitivo, no tanto como un prototipo para participar sino para competir.

De este modo se llegó al comienzo de la nueva temporada, donde se desarrollará el ART~16. Esta temporada fue la primera en la que se separaron los departamentos de “Motor” y “Electrónica” por separado, ya que entre los objetivos de la temporada se incluían dar un salto de calidad basado en nuevos sistemas electrónicos. Entre estos sistemas se encontraban el cambio semiautomático, una evolución en la gestión de potencia, un volante multifuncional como interfaz de comunicación con el piloto y una adquisición de datos que monitorice gracias a más de veinte sensores en todo el monoplaza.

## 1.2 Alcance del Proyecto

El alcance de este proyecto es conseguir una sensorización completa para el monoplaza ART~16. Esto conlleva una elección de los parámetros y datos que queremos obtener, el siguiente paso es evaluar los sensores que encontramos en el mercado y según criterios tanto técnicos como económicos y por supuesto, lo más importante dentro de la competición de Formula Student, que cumpla la normativa de la FSAE. Una vez elegidos los sensores debemos de diseñar el acondicionamiento y la alimentación de cada uno de ellos, además de la elección y posterior programación del microcontrolador que se encargue de la lectura y almacenamiento de los datos extraídos de los sensores y además gestionar la comunicación con el resto de los sistemas del monoplaza.

El segundo hito de este proyecto es la obtención de un sistema capaz de gestionar la alimentación del resto de sistemas electrónicos y eléctricos del monoplaça ART~17. Este sistema conlleva el diseño de la gestión de la alimentación con la tensión de la batería, controlada por un microcontrolador que trabaja a una tensión inferior, además como se verá posteriormente se desarrolla teniendo en cuenta los defectos de la gestión de potencia del ART~16. Antes de cerrar el diseño y comenzar con la fabricación de dicho sistema, se intentó validar a través de simulaciones en programas como Proteos, y testeó del diseño con diferentes pruebas realizadas con prototipos.

Por supuesto, para ambos sistemas no se queda en simple diseño teórico, sino que ambos sistemas se fabrican y se ensamblan en los monoplaças correspondientes. Este ensamblado implica un estudio, diseño y fabricación de un cableado correcto y una puesta a punto de las comunicaciones entre sistemas.



# 2 ESQUEMA ELECTRÓNICO DEL ART~16

---

La temporada que corresponde al monoplace ART~16, fue la temporada del nacimiento del departamento de electrónica como un departamento independiente, en dicha temporada los objetivos del departamento fueron muy ambiciosos y se puede dividir en tres grandes bloques: mejora de gestión de potencia, desarrollo de un sistema de cambio semiautomático, y una sensorización y monitorización completa del vehículo.

## 2.1 Gestión de Potencia

Hay que tener en cuenta que la gestión de potencia de la temporada anterior, era una PCB manufacturada basada en transistores, que controlan la alimentación de los diferentes sistemas eléctricos y electrónicos. El principal cambio de esta gestión de potencia es el control desde un microcontrolador que se encarga de leer entradas digitales y analógicas, desde algún sensor y desde otros sistemas y según esta información alimentar un sistema u otro.

Además se le añade una gran parte de sensorización tanto en tensión como en intensidad, con ello se pretende calcular la potencia eléctrica que se extrae de la batería. Como conocemos la capacidad de nuestra batería y la potencia eléctrica que vamos extrayendo de ella, podemos saber qué nivel de carga y con ello poder tomar decisiones como no alimentar sistemas prescindibles si el nivel de carga es bajo.

## 2.2 Embrague Semiautomático

En temporadas anteriores los monoplaces contaban con los tres pedales típicos: acelerador, embrague y freno; pero en competición cada milésima cuenta, y si el piloto debe levantar el pie del acelerador, pisar embrague y de nuevo tras cambiar levantar embrague y volver a pisar acelerador se pierde un tiempo valiosísimo. Por ello se optó por incluir levas en el volante, que el piloto pueda manejar con las manos mientras sigue usando el pie solo para acelerar, para ello se incluyó un motor eléctrico de continua controlado por un puente H de transistores para mover el embrague y un actuador basado en un electroimán para subir y bajar de marcha, todo esto controlado con una PCB con un microcontrolador, que leerá las levas del volante y controlará los actuadores.

## 2.3 Volante Multifunción

El volante de este monoplaza incluía varios botones y switch de control para el piloto y una pantalla LCD que permitía la visualización de los datos del monoplaza, de forma que el piloto fuera consciente en todo momento del estado de los diferentes sistemas del monoplaza. Este volante se gestionaba con una PCB incluida dentro del propio volante, gestionada por un microcontrolador con varias entradas y salidas digitales para el control de los botones y la activación de leds de aviso y una comunicación I2C para representar los datos y mensajes de alerta por pantalla.

## 3 SENSORIZACIÓN DEL ART~16

---

**E**sta temporada la sensorización se basó en los parámetros correspondiente a suspensión, para poder validar los modelos y tener medidas para corroborar las mejoras en el comportamiento dinámico con los diferentes setup y configuraciones de la suspensión. Además, se añaden sensores para comprobar el buen funcionamiento del motor, sobretodo vigilando las diferentes temperaturas y presiones.

### 3.1 Sensores

#### 3.1.1 Extensómetros de los amortiguadores

Para medir la compresión y extensión de los amortiguadores y por consiguiente el movimiento de la suspensión se usan cuatro sensores de posición lineal, basados en una resistencia variable con el movimiento longitudinal.



Figure 1. Extensometro (sensor de posición lineal)

### 3.1.2 Presión de Frenada

También es necesario sensorizar la frenada tanto en el circuito delantero como en el trasero, de esta forma vemos si el reparto de frenada es el adecuado. Además poniendo estos datos en conjunto con los demás vemos el comportamiento en frenada del vehículo.



Figure 2. Sensor de presión de frenada

### 3.1.3 Acelerómetro

La lectura de las aceleraciones alcanzadas por el monoplaza, lo realizamos con un acelerómetro de tres ejes, aunque los que nos van a proporcionar información sobre el comportamiento dinámico son el eje longitudinal y el transversal.

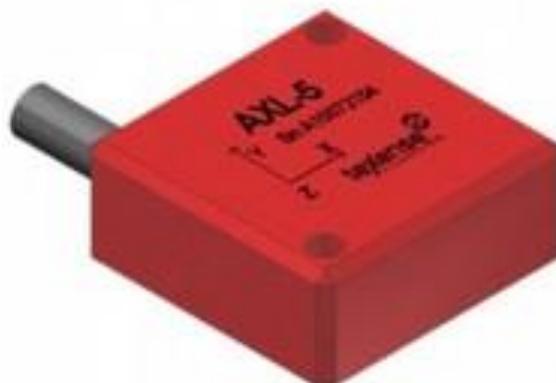


Figure 3. Acelerómetro

### 3.1.4 Giro Volante

Para el análisis de los datos obtenidos es fundamental conocer en qué punto del circuito nos encontramos y para ello es muy útil contar con el ángulo de giro del volante, para ello usamos un potenciómetro giratorio solidario a la columna de la dirección.



Figure 4. Sensor de Giro de Volante

### 3.1.5 Velocidad de la Rueda

Para medir la velocidad de la rueda usamos cuatro sensores inductivos que medirán las hendiduras del disco de freno, ya que este gira solidario a la rueda y el sensor se encuentra fijo en la mangueta contando los pulsos que se dan por vueltas.

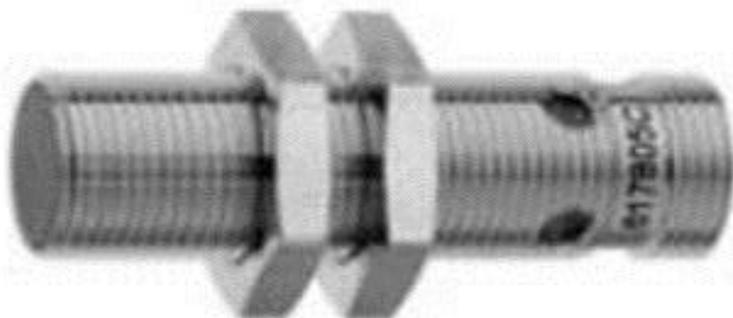


Figure 5. Velocidad de Rueda

### 3.1.6 Temperatura de Aceite

Como hemos indicado antes, para comprobar el buen funcionamiento del motor, mediremos la temperatura aceite de cara a poder detectar un sobrecalentamiento en el motor.



Figure 6. Temperatura de Aceite

### 3.1.7 Presión de Aceite

Para poder detectar un descebe de la bomba de aceite del motor, lo cual produciría problemas graves de refrigeración en el motor, se usa un sensor de presión de aceite.



Figure 7. Presión de Aceite

# 4 DESARROLLO HARDWARE DE LA ADQUISICIÓN DE DATOS DEL ART~16

---

**E**l objetivo de la Adquisición de datos es almacenar la información proveniente de los distintos sensores utilizados en el coche, así como, el envío de esta información a otras placas usando comunicación por CAN Bus.

## 4.1 Microcontrolador

Para conseguir este objetivo se monitorizan, adecuan y se procesan las señales provenientes de los sensores instalados. El cerebro de este sistema, se trata de un Arduino Due, se encargará de todo el procesado de las señales, almacenamiento y comunicaciones. Un convertor DC-DC, de la marca TRACOPOWER será el responsable de la conversión de la tensión proveniente de la batería de 12V, a los 5V necesarios para el correcto funcionamiento de todos los componentes que integra nuestro sistema. Por otro lado, 4 convertidores analógico-digital, MCP3208, de MicroChip tendrán la tarea de convertir los diferentes valores de tensión aportados por los sensores a valores digitales que sean fácilmente manejables por el micro sin sobrecargar el procesado de la información y los puertos de entrada del mismo.

Para la tarea de las comunicaciones por CAN Bus, usaremos un micro Atmega para liberar de carga computacional al Arduino Due, para este fin se apoya el Atmega con un controlador de Can Bus y un transceiver, que adecua la señal para la comunicación del bus de forma diferencial. Este transceiver será de la marca Texas Instruments (TI), modelo SN65VHD255.

## 4.2 Seguimiento de la Información

### 4.2.1 Filtrado

El siguiente bloque al acondicionamiento, es el filtrado. El filtrado es la técnica por la cual conseguimos modificar el espectro de frecuencias utilizables en nuestros circuitos. El filtrado RC pasivo, es la configuración más habitual y eficaz para las tareas de eliminación de ruido proveniente de distintas fuentes de EMIs. Se basan en una resistencia en serie y un condensador en paralelo. De este modo, eligiendo unos valores concretos según el sensor, conseguimos eliminar gran parte del ruido que puede afectar a nuestra medida. Todas las señales provenientes de sensores pasaran por esta etapa sin importan que tengan o no algún tipo de acondicionamiento.

Hemos hablado de los valores que toman la R y el C usados en nuestros filtros, estos valores se eligen en base a dos criterios:

- La frecuencia de corte de las señales que vayamos a procesar, esto es, el último valor que nos servirá del espectro por encima de la cual atenuaremos en gran medida, llámese ruido.
- Encontrar el equilibrio entre atenuación de las frecuencias superiores y rapidez del filtro ya que podríamos hacer que los cambios en la señal de salida se hiciesen de forma muy lenta debido a constante grande del circuito o  $\tau$ .

#### 4.2.2 Acondicionamiento

Una parte primordial para el procesamiento de la señal es su acondicionamiento previo. En este sistema, nos encontramos ante dos tipos de acondicionamiento; resistencias Pull-up o Pull-down y amplificación de la señal proveniente del sensor.

El acondicionamiento con resistencias Pull-Up se lleva a cabo por las características que muchos sensores presentan por su configuración o tipo. Aquí un breve ejemplo de resistencias Pull-Up:

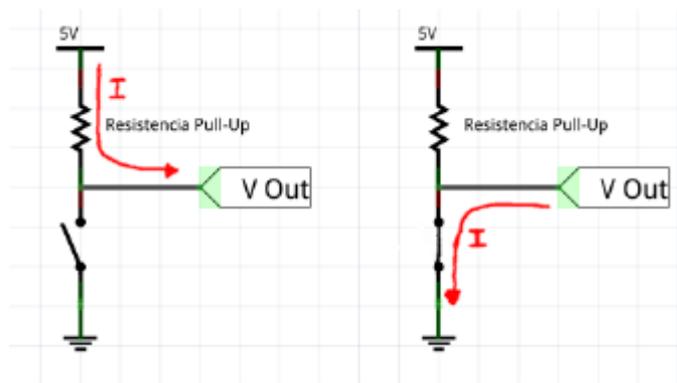


Figure 8. Funcionamiento de una resistencia Pull-Up

#### 4.2.3 Digitalización y Lectura

Vamos a entrar a explicar pormenorizadamente la misión de un ADC y las características más principales de los chips elegidos para esta faena.

Estos dispositivos convertirán la señal analógica, función continua en el tiempo y rango, a digital, discreta en el tiempo y rango. Las entradas, canales, serán las distintas señales de los sensores. Cada señal se convertirá a digital. Este chip tiene la propiedad de que su salida es a través de comunicación serie SPI. Esto nos permitirá que en un espacio reducido y con pocos recursos, podemos obtener los 12 bits de resolución de nuestra conversión mediante una serie de comandos establecidos por el fabricante. De esta forma leeremos la conversión de los 4 ADC siguiendo el siguiente flujo.

- Activamos el ADC del cual queremos obtener la lectura de sus canales.
- Vamos leyendo cada canal y almacenando sus valores con una tasa de muestreo relativamente alta.
- Desactivamos el ADC anterior y pasamos al siguiente. Volvemos a repetir el paso 2.
- Seguimos hasta que hayamos conseguido leer y almacenar los valores de los 4 ADCs

## 5 DESARROLLO HARDWARE DE LA GESTIÓN DE POTENCIA DEL ART~17

---

**E**l objetivo de la Gestión de Potencia es decidir a qué componentes y sistemas del ART17 deben estar alimentados en cada momento, por ello es este sistema el único que estará conectado a la fuente de alimentación, en nuestro caso una batería de LiFePO<sub>4</sub> de EarthX (ETX1200).

Para conseguir este objetivo cuenta con diez celdas de potencia aisladas galvánicamente de la parte de control con la ayuda de un optoacoplador, para la separación entre potencia y control, y un Trajo Poder, para la alimentación. Para el control de dichas celdas, contamos con un micro, el MSP430G2553 en su versión smd de 28 pines. Este micro tiene la función de activar o desactivar las celdas de potencia, según la información que le llegue a través de diversas entradas, cada una con su acondicionamiento oportuno y de las tramas de datos recibidas a través del CAN BUS.

Además de esto también tiene una parte importante de sensorización, teniendo siempre la información de la tensión de la batería, y de la intensidad consumida. Pudiendo calcular así, tanto la potencia instantánea como toda la consumida por la batería.

### 5.1 Celda de Potencia con Aislamiento Galvánico

La celda básica de potencia consiste en una entrada del micro, con un filtro RC, para evitar falsos-positivos, dicha entrada está conectada a la parte del diodo luminoso del optoacoplador. Cuando esta señal esté activa, el optoacoplador transformará esa señal eléctrica en señal luminosa, que recogerá la segunda parte del optoacoplador. Esta segunda parte tiene una forma de accionarlo “manualmente” en el pin 6, pero a nosotros no nos interesa usar esta opción. Por ello solo se activará con la señal luminosa, cerrando el circuito entre los pines 4 y 5. Entonces el transistor IRF4905 conducirá y le llegará la alimentación, a nuestra carga (modelada como un motor, ya que es lo más usado en nuestro caso).

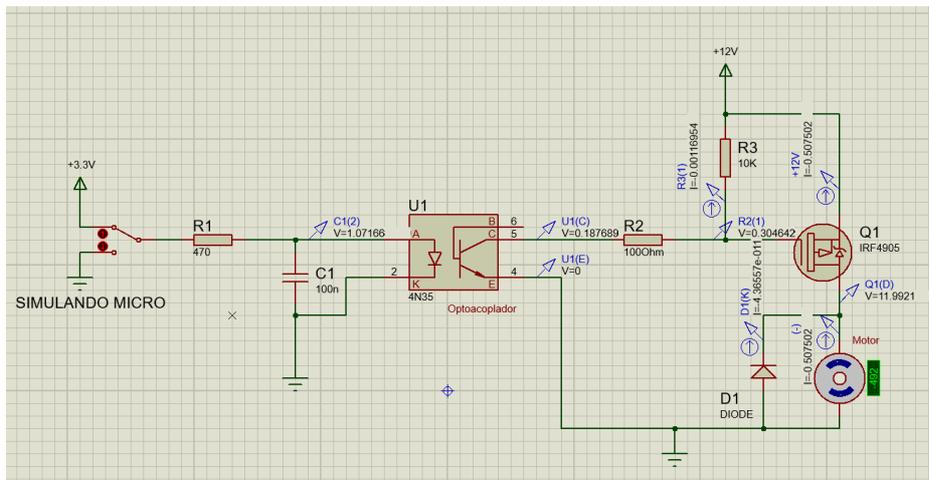


Figure 9. Celda de Potencia

La resistencia R3 hace de pull-up para el transistor IRF4905, mientras que la resistencia R2, se encarga de limitar la corriente para proteger el optoacoplador. Mientras que el diodo D1, se encarga de hacer posible la descarga de los componentes inductivos o capacitivos que tengan los diferentes sistemas. Ya que sin este diodo se producirían grandes picos de tensión e intensidad si cortamos de forma instantánea la alimentación, debido a la descarga de estos elementos.

Viéndolo en simulación:

a. Micro, con la salida a LOW:

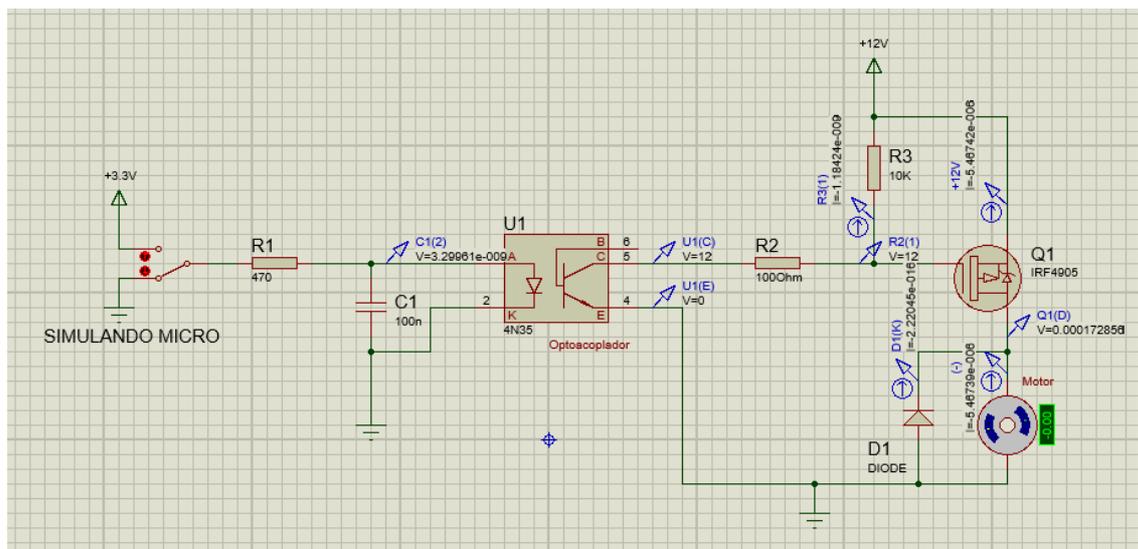


Figure 10. Celda de Potencia (Low)

Como vemos a la entrada del optoacoplador, la tensión es prácticamente cero, entonces la salida del optoacoplador está abierta, por lo tanto el pin 4 permanece a tierra y el pin 5 está a 12V gracias a la pull-up de R3. Por ello el transistor IRF4905 no conduce y al motor no le llega tensión.

b. Micro, con la salida a HIGH:

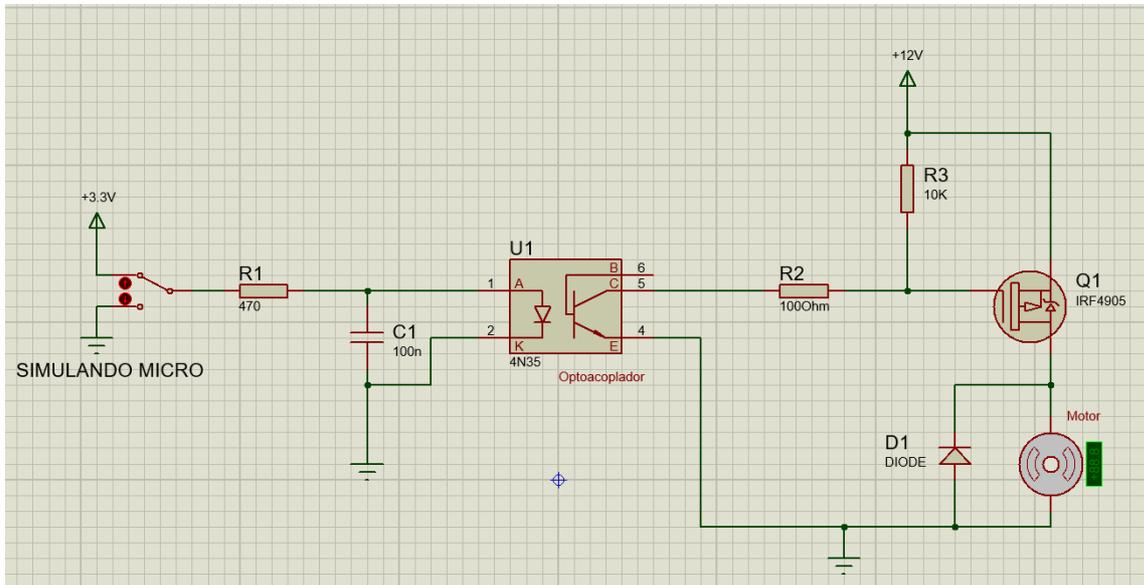


Figure 11. Celda de Potencia (High)

Ahora vemos como el optoacoplador si este activo, por tanto el pin 5 esta, prácticamente a tierra (teniendo en cuenta la caída del propio optoacoplador) con lo que el transistor IRF4905 esta vez estará en conducción. Y por ello a la carga le llega la alimentación y podemos ver que el motor se encuentra girando.

## 5.2 Sensorización

La sensorización de la tensión es muy simple, solo necesitamos medir tensión en un rango aceptable para nuestro micro, por ello usamos un divisor resistivo para pasar de un rango de 15V~12V a 2V~1.5V.

La medida de la intensidad se realiza mediante el sensor ACS722, pero como la intensidad máxima que puede medir es 40A, tenemos tres sensores entre los que se reparten las diferentes celdas de potencia, el micro hará los cálculos con la suma de las tres intensidades.

Estos sensores de intensidad, tienen dos condensadores, uno que sirve para estabilizar la alimentación a la entrada del mismo, y otro de salida para filtrar la señal.

La idea es calcular la potencia instantánea que se está consumiendo, con la medida de la tensión de la batería como la suma de las intensidades consumidas. Después esta potencia instantánea se integrará en el tiempo para ver que potencia se ha consumido ya, y conociendo la potencia de la batería poder saber que potencia queda, poder avisar al piloto con esta información, incluso ir apagando sistemas secundarios como por ejemplo el salpicadero, la telemetría, o la adquisición de datos.

### 5.3 Can Bus

Para el uso del CAN BUS, hemos elegido un MCP2515 para el control de las comunicaciones, y un Transceiver SN65HVD233 para enviar los datos.

De la circuitería básica de estos micros, cabe destacar que ambos micros tienen un condensador de 22pF entre alimentación y tierra para mantener estable la alimentación. Además claro está de las resistencias de pull-up y pull-down que precisan ambos en el reset. Además se ha introducido al MSP2515 un cristal de 16MHz con sus respectivos condensadores.

Se han incluido dos configuraciones entre las dos líneas del Can Bus, una con una única resistencia de 120Ohm, y la segunda con dos resistencias de 600hm (realmente para cada una hay dos resistencias de 120Ohm) y en el nudo entre ambas un condensador a tierra de 4.7nF.

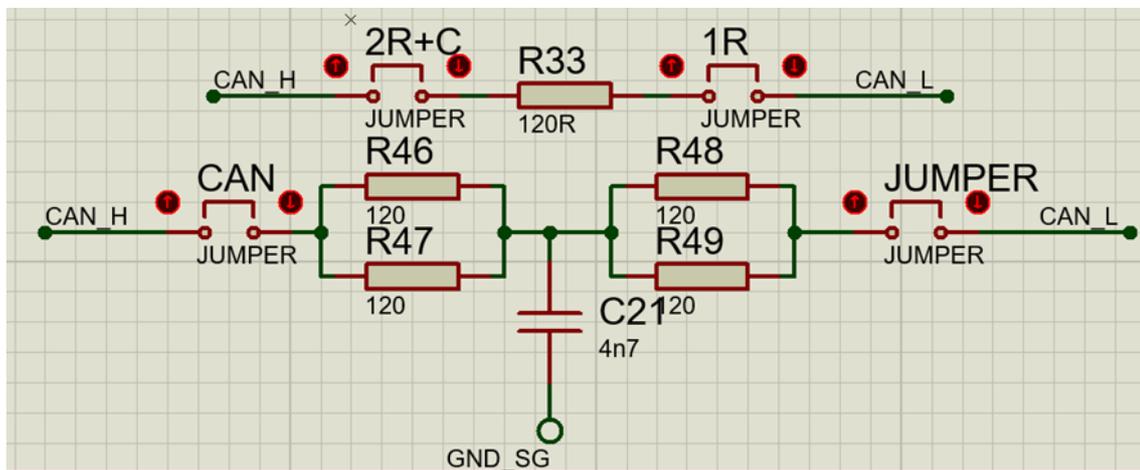


Figure 12. Configuración de CAN BUS

Estas configuraciones se activarán (con ayuda de los jumpers) solo si nuestro sistema se encuentra en los extremos de las líneas del Can Bus. Y la diferencia entre ellas es que la segunda, compensa mucho mejor los errores en modo común.



## 6 REFERENCIAS

---

- [1] Linear Technologies, [En línea]. Disponible: <http://cds.linear.com/docs/en/datasheet/1990fb.pdf>.
- [2] Texas Instruments, «ti.com», Enero 2014. [En línea]. Disponible: <http://www.ti.com/lit/ds/sn1s170d/sn1s170d.pdf>.
- [3] Texas Instruments, «ti.com», Abril 2011. [En línea]. Disponible: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/msp430g2553.pdf>.
- [4] Analog Devices, [En línea]. Disponible: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/datasheets/AD7490.pdf>.
- [5] SAE, «fsaeonline.com», 2 Septiembre 2016. [En línea]. Disponible: <http://www.fsaeonline.com/content/2017-18%20fsae%20rules%209.2.16a.pdf>.
- [6] Analog Devices, [En línea]. Disponible: [http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/datasheets/AD1582\\_1583\\_1584\\_1585.pdf](http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/datasheets/AD1582_1583_1584_1585.pdf).
- [7] Maxim Integrated, [En línea]. Disponible: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX7317.pdf>.
- [8] Analog Devices, [En línea]. Disponible: [http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/datasheets/AD7988-1\\_7988-5.pdf](http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/datasheets/AD7988-1_7988-5.pdf).